

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 出願公開番号

特開2001-177914

(P2001-177914A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

B 6 0 L 11/18

B 6 0 L 11/18

A 5 G 0 0 3

B 6 0 K 6/02

11/12

5 G 0 6 5

B 6 0 L 11/12

H 0 2 J 1/00

3 0 6 L 5 H 1 1 5

H 0 1 G 9/155

7/34

J

H 0 2 J 1/00

3 0 6

B 6 0 K 9/00

E

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平11-360111

(22) 出願日

平成11年12月20日 (1999. 12. 20)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(71) 出願人 000003908

日産ディーゼル工業株式会社

埼玉県上尾市大字荻目1番地

(72) 発明者 木下 繁則

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100091281

弁理士 森田 雄一

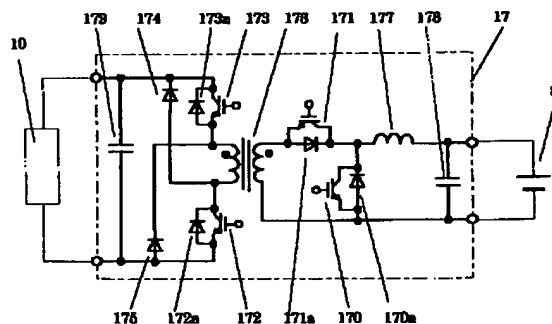
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気自動車の電源システム

(57) 【要約】

【課題】 補助用蓄電装置から主蓄電装置を構成する電気二重層キャパシタ電池の各セルについての全満充電をする場合に、補助蓄電装置を充電するDC-DCコンバータとは別に主蓄電装置充電用のDC-DCコンバータを設置する必要がある。

【解決手段】 主蓄電装置4を構成する電気二重層キャパシタ電池の各セル41、42、43、... についての全満充電をするためのDC-DCコンバータと、補助蓄電装置8を充電するDC-DCコンバータとを同一のDC-DCコンバータ17~19とし、同時に双方向型とする。



8: 補助蓄電装置

10: 電気二重層キャパシタ電池ブロック

17: 双方向型 DC-DC コンバータ

170, 171, 172, 173: 半導体スイッチ

170a, 171a, 172a, 173a, 174, 175: ダイオード

176: 変圧器

177: 電流平滑リアクトル

178, 179: 電圧平滑コンデンサ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車載エンジン発電機の電力または車載主蓄電装置の電力で車両を駆動する電気自動車であって、電気二重層キャパシタセルを複数個直列または直並列接続したキャパシタ電池ブロックを切替え回路を介して複数個組み合わせてなる主蓄電装置と、車両補機用の補助蓄電装置と、前記主蓄電装置と補助蓄電装置の間に接続されて主蓄電装置の電力で補助蓄電装置を充電するDC-DCコンバータとを備えた電気自動車の電源システムにおいて、

前記キャパシタ電池ブロックのキャパシタセルを監視して全摘充電を開始するタイミングか否かを判別する手段と、

全摘充電開始タイミングと判別された場合に、補助蓄電装置の電力を用いて、充電対象のキャパシタセルの全数または所定数が所定電圧に達するまでキャパシタセルを充電する全摘充電用DC-DCコンバータと、を備えたことを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項2】 請求項1記載の電気自動車の電源システムにおいて、

全摘充電用DC-DCコンバータを各キャパシタ電池ブロックごとに設けたことを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項3】 請求項1または2記載の電気自動車の電源システムにおいて、

補助蓄電装置用のDC-DCコンバータと全摘充電用のDC-DCコンバータとを同一のDC-DCコンバータとしかつ双方向型としたことを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の電気自動車の電源システムにおいて、

全摘充電の開始タイミング判別手段は、キャパシタ電池ブロックの電圧が所定値以下に低下したら開始タイミングであると判別することを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項5】 請求項1～3のいずれかに記載の電気自動車の電源システムにおいて、

全摘充電の開始タイミング判別手段は、キャパシタ電池ブロックの前回の全摘充電終了後の経過時間を計測し所定時間に達したら開始タイミングであると判別することを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項6】 請求項1～3のいずれかに記載の電気自動車の電源システムにおいて、

全摘充電の開始タイミング判別手段は、キャパシタ電池ブロックの前回の全摘充電終了後の充放電サイクル数を計測し所定回数に達したら開始タイミングであると判別することを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項7】 請求項1～3のいずれかに記載の電気自動車の電源システムにおいて、

全摘充電の開始タイミング判別手段は、キャパシタ電池

ブロックの前回の全摘充電終了後の経過時間および充放電サイクル数を組み合わせた値にもとづいて判別することを特徴とする電気自動車の電源システム。

【請求項8】 請求項1～7のいずれかに記載の電気自動車の電源システムにおいて、

前記キャパシタ電池ブロックの各キャパシタセルにそれぞれ電圧均等化回路を接続したことを特徴とする電気自動車の電源システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 10 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電気二重層キャパシタを主蓄電装置に使用した電気自動車またはハイブリッド電気自動車の電源システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、電気自動車またはハイブリッド電気自動車の蓄電装置には化学電池を適用していたが、化学電池は充放電サイクル寿命が短く、且つ高出力作動時の効率が悪いので、電気二重層キャパシタ電池が適用されてきている。図5は、ハイブリッド電気自動車の主蓄電装置に電気二重層キャパシタを適用した電源システムの基本構成例を示す。図において、1はエンジン、2は発電機、3は整流器、4は主蓄電装置、5は車両駆動電動機6を駆動するインバータである。エンジン1から車両駆動電動機6までがパワートレインである。7は補助蓄電装置8を充電するDC-DCコンバータ、9は補機である。主蓄電装置4は、電気二重層キャパシタセル41, 42, 43, ...を複数直列接続して構成されている。なお、電動機6以降の駆動機構についての図示は省略してある。

40 【0003】図示されたシステムは、シリーズハイブリッド式の電気自動車の電源システムであり、エンジン1と発電機2で発生した電力の一部または全部を主蓄電装置4に充電する。エンジン1と発電機2で発生した電力と主蓄電装置4の電力で、インバータ5を介して電動機6を駆動して車両を走行させる。加速時は、発電機2の電力と主蓄電装置4の電力または主蓄電装置4のみの電力で、インバータ5を介して電動機6を加速駆動する。回生制動時は、電動機6に発生した制動電力がインバータ5を介して、主蓄電装置4に回生される。また、DC-DCコンバータ7はパワートレイン系の主蓄電装置4から補助電源8を充電するチャージャであり、エンジン車のオルタネータに相当する。

【0004】なお、発電機を搭載しない電気自動車の電源システムは、図5から、エンジン1、発電機2、整流器3を除去したシステム構成となり、共通の構成部分は動作が同一となるので、詳述を省略する。図6は図5のDC-DCコンバータ7の回路構成を示したものである。図において、70, 71は半導体スイッチ、72, 73, 74, 75はダイオード、76は変圧器、77は電流平滑リアクトル、78, 79は電圧平滑コンデンサ

である。この回路方式は2石式フォワード型と呼ばれる公知の回路方式であるのでその動作説明は省略する。

【0005】前述したように、主蓄電装置4は車両の加速時には放電、制動時には充電の繰り返し作動となり、その回数は数万回にも達する。電気自動車用主蓄電装置はこの充放電サイクル回数に耐えるものでなくてはならない。前述の電気二重層キャパシタによる蓄電装置はこの性能を有しており、電気自動車用として優れた蓄電装置と言える。図5に示した電気二重層キャパシタ電池も、従来の化学二次電池を多数直列接続した組電池と同じく、電気二重層キャパシタセルを多数直列接続して構成されており、従来の化学二次電池が電気二重層キャパシタに置き換えられたシステムである。

【0006】さて、電気二重層キャパシタの蓄電エネルギーはキャパシタの電圧の2乗に比例する。言い換えれば、直流電源として使用した場合、消費エネルギーの増大に応じて電気二重層キャパシタの電圧は低下して行く。エネルギーの75%を使用すると、電圧は1/2に低下する。図5に示す電源システムでは、消費電力によってインバータの入力電圧が大きく変化する。特に電気自動車の場合、電圧が低下すると、中高速域の車両性能が大きく低下する。このため、実際は図7に示すように主蓄電装置であるキャパシタ電池4とインバータ5との間にチョッパ44を挿入して、インバータ5への入力電圧を一定にする方法や、図8に示したように、キャパシタ電池を複数のブロックに分割し、このブロックをスイッチで切り替えて、インバータの入力電圧の変化を小さくする方法が提案されている。

【0007】すなわち、図8において、10、11、12はキャパシタ電池ブロックであり、各々キャパシタセル100、110、120を必要数直列接続している。13はキャパシタブロックの接続切替スイッチである。図9は図8の切替スイッチ部13の詳細を示す図である。130、131、132は両方向通流型のスイッチで、通常半導体スイッチが用いられる。図10は図9の電源システムの場合のインバータ入力電圧の挙動を示す。動作モードIでは、スイッチ130を閉じて、スイッチ131、132は開とする。すると、キャパシタ電池はキャパシタ電池ブロック10の電圧となる。動作モードIIでは、スイッチ131を閉じて、スイッチ130、132を開にする。すると、キャパシタ電池はキャパシタ電池ブロック10、12の直列となる。動作モードIIIでは、スイッチ132を閉じて、スイッチ130、131を開にする。すると、キャパシタ電池はキャパシタ電池ブロック10、11、12の直列となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前述のように電気二重層キャパシタは化学電池と違い、蓄積エネルギーは電圧の2乗に比例する。すなわち、蓄積エネルギーの増大に応じて、キャパシタ電圧が上昇する。また、図5

～図9に示した電源システムでは電気二重層キャパシタを従来の化学二次電池の組電池と同じように使用している。即ち、多数のキャパシタセルを直列接続したキャパシタ電池を1つのキャパシタ電池とみなして使用している。多数直列接続された電気二重層キャパシタは、充電した状態での長時間放置または充放電を繰り返すとキャパシタセル電圧にバラツキが発生するので、頻繁に充放電を繰り返す電気自動車に適用すると、この電圧のバラツキによって、一部のキャパシタセルが過電圧になり、キャパシタ電池の故障に至ってしまう。

【0009】電気自動車にとって、蓄電装置の故障は重大故障であるので、電気二重層キャパシタ電池を電気自動車に適用する場合、キャパシタセルが過電圧にならないことが大きく求められている。次に、直列接続された電気二重層キャパシタセルの電圧挙動について説明する。図5に示した電気二重層キャパシタセルの内部等価回路は図11のように表される。図11は図5のキャパシタセル41について示したものである。電気二重層キャパシタセル41は、等価的にキャパシタエレメント410a、411a、412a、・・・が抵抗410b、411b、412b、・・・を介して並列接続されているとみなせる。また、キャパシタセル毎に自己放電を等価的に表す放電抵抗410c、411c、412c、・・・がキャパシタエレメント410a、411a、412a、・・・に並列に接続されているとみなせる。

【0010】ここで、電気自動車用主蓄電装置に電気二重層キャパシタ電池を適用する場合、電気二重層キャパシタセルを複数個直列接続して使用するが、各キャパシタセル毎の回路定数は全て同じではないことによる問題が発生する。以下にその内容を説明する。キャパシタ電池を充電した状態で長時間放置すると、各キャパシタセル毎に内部の自己放電抵抗によって自己放電する。この直列接続キャパシタセルの電圧挙動を図12で説明する。説明を簡素化するため、2ヶ直列の場合で説明する。

【0011】図12で、2ヶのキャパシタセルC1、C2が均一に電圧V1に充電された状態（合成電圧はV0）の時刻 $t=T0$ で、キャパシタ電池を開放状態にして放置する。時刻 $t=T1$ までキャパシタセルを自己放電させると、自己放電抵抗値の違いにより、時刻 $t=T1$ でのキャパシタセルC1、C2の電圧値は異なってくる。次に、時刻 $t=T1$ からキャパシタ合成電圧が規定値V0になる $t=T2$ まで充電する。両キャパシタセルはほぼ同じ電圧 $\Delta V/2$ 上昇する。時刻 $t=T2$ でキャパシタセルC1の電圧はキャパシタセルC2よりも大きくなるが、過電圧レベルV2には達しない。

【0012】時刻 $t=T2$ で、再びキャパシタ電池を開放状態にして放置する。両キャパシタセルは自己放電を始める。時刻 $t=T3$ のキャパシタセル電圧のバラツキは時刻 $t=T1$ の時よりも更に拡大する。時刻 $t=T3$ で

再び、キャパシタセル合成電圧が規定値 $V1$ になる時刻 $t=T4$ まで充電する。時刻 $t=T3$ の時点でのキャパシタセル電圧のバラツキを受けて、時刻 $t=T4$ での電圧のバラツキは時刻 $t=T2$ の時の電圧より更に拡大し、キャパシタセル $C1$ の電圧は過電圧レベル $V2$ を越えてしまい、キャパシタセルの故障にまで発展してしまう。図12では、時刻 $t=T1, T2$ で開放して自己放電させる場合について示したが、負荷へ電力供給して放電する場合も同じ現象となる。この場合は、自己放電の場合より、放電時間は短くなる。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】そこでこれらの問題の対策として、従来は、電気二重層キャパシタセルを多数直列接続して電池として使用する場合、直列キャパシタセルの1つでも過電圧にならないよう、各キャパシタセル毎に電圧均等化回路を接続し、キャパシタセルが過電圧になる前に、適当なタイミングでキャパシタセル電圧を均等にする方法がとられている。図13はこの方法について示したものである。図12の場合と同じく、直列数2の場合で示してある。キャパシタセル電圧 $V$ が基準電圧 $V1$ に達すると、電圧均等化回路4a, 4bを作動させて充電電流 $I0$ の一部を $i_b$ として電圧均等化回路4a, 4bに分流させる。キャパシタセル電圧の上昇に応じて、この分流量を増し、キャパシタセル電圧が $V2$ に達すると、キャパシタセルへの電流 $i_c$ を零にする。

【0014】このように、キャパシタセル電圧を監視し、規定電圧以上では充電電流をバイパスさせることによって、キャパシタセルの電圧は $V2$ より高くはならない。なお、電圧均等化回路には、 $V2$ と $I0$ の積の電力損失が発生するが、 $V2$ は2〜3Vであり、 $I0$ は数Aにしているため、発生電力は数W程度である。また、図12において、キャパシタセル $C1$ の電圧が $V2$ に達すると、電圧均等化回路が作動して、電圧は $V2$ に保たれる。更に充電を続けるとキャパシタセル $C2$ も同様に電圧均等化回路の動作によって $V2$ になり、キャパシタセルの電圧バラツキはほぼ零となり、直列キャパシタセル全部の充電電圧は同一の $V2$ になる。

【0015】このように、全キャパシタセルの電圧を同一に揃えた後、正規の負荷電力の放充電を行うと、放充電サイクル及び時間経過に伴いキャパシタ電圧のバラツキは拡大して行く、そこで適当な時間経過後または適当な放充電サイクル経過後に前述の均等充電を行って、キャパシタセル電圧のバラツキをほぼ零に補正する。このような使い方をすることで、本発明では、直列接続されたキャパシタセルが過電圧にさらされることがなくなり、長寿命なキャパシタ電池が実現される。

【0016】すなわち、本発明は、直列接続された電気二重層キャパシタセルを小電力の外部電源によって充電し、各セルに接続したセル過電圧保護回路によってセル電圧を揃えることで十分な充放電サイクルが得られるこ

と、また、電気自動車には補機用の補助蓄電装置を備えていることに着目してなされたものである。具体的には、補助蓄電装置からDC-DCコンバータを介して、複数のブロックに分割された電気二重層キャパシタ電池毎にキャパシタセル全数を均一電圧に充電（以下これを全揃充電と称する）するようにしたものである。また、補助蓄電装置用のDC-DCコンバータと全揃充電用のDC-DCコンバータとを同一のDC-DCコンバータとしかつ双方向型としたものである。

#### 10 【0017】

【発明の実施の形態】以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。図1は本発明の第1の実施形態で、請求項1乃至3に相当する発明であり、自動車の補助蓄電装置を電源にしてキャパシタセルを全揃充電するシステムである。図1において、5はインバータであり、車両駆動電動機6を駆動する。7は補助蓄電装置8を充電するDC-DCコンバータであり、13は電気二重層キャパシタ電池ブロック接続切替え回路である。

【0018】14, 15, 16はキャパシタ全揃充電用DC-DCコンバータであり、補助蓄電装置8の電力を用いて、キャパシタ電池ブロック10, 11, 12を充電する充電器である。このキャパシタ電池ブロック10, 11, 12のそれぞれのキャパシタセルの直列接続数は互いに異なるので、DC-DCコンバータ14, 15, 16の出力（キャパシタ側）電圧も互いに異なる。

【0019】図2は図1のDC-DCコンバータ14の回路構成例を示したものである。DC-DCコンバータ14は絶縁型チョップパであり、図1と同一構成要素は同一番号を付してある。図2において、140は半導体スイッチ、141, 142, 143, 144, 145はダイオード、146は変圧器、147は電流平滑リアクトル、148, 149は電圧平滑コンデンサである。出力側（キャパシタ側）の電圧は変圧器146の巻数比を変えることで変える。この図示された絶縁型チョップパの動作は公知であるので、ここでは説明を省略する。また、図1のDC-DCコンバータ15, 16もコンバータ14と同様な構成であるので説明を省略する。

【0020】図3は本発明の第2の実施形態であり、請求項4に相当する発明である。すなわち、図1の発明で示したDC-DCコンバータ14, 15, 16の機能とDC-DCコンバータ7の両方の機能を持ったDC-DCコンバータの回路構成例である。図3において、図1と同一の構成要素は同一番号を付してある。図3において、9は補助蓄電装置8により駆動される補機であり、17, 18, 19は双方向動作型のDC-DCコンバータであり、キャパシタ電池ブロック10, 11, 12から補助蓄電装置8への充電機能と補助蓄電装置8からキャパシタ電池ブロック10, 11, 12への充電機能を備えている。

50 【0021】図4は図3のDC-DCコンバータ17の

回路構成例である。図4において、図3と同一構成要素には同一番号を付してある。図4において、170、171、172、173は半導体スイッチ、170a、171a、172a、173a、174、175はダイオードであり、170、171、172、173の半導体スイッチにはダイオード170a、171a、172a、173aが図示のように逆並列接続されている。176は変圧器、177は電流平滑リアクトル、178、179は電圧平滑コンデンサである。

【0022】次に、図4のDC-DCコンバータ17の動作について説明する。補助蓄電装置8をキャパシタ電池ブロック10から充電する場合は、半導体スイッチ170、171はオフし、172と173をスイッチングする。この場合の回路構成は図6に示した従来公知の2石式フォワード型と等価な回路となる。次に、補助蓄電装置8からキャパシタ電池10を充電する場合は、半導体スイッチ172、173をオフし、170、171をスイッチングする。この場合の回路構成は図2と等価な回路となる。但し、半導体スイッチ171は図2のダイオード141と同じ動作をさせる。

【0023】なお、図3におけるコンバータ18、19の回路構成は、図4のDC-DCコンバータ17と同じであるのでその説明を省略する。また、図示しないが、キャパシタ電池ブロック10、11、12のそれぞれのキャパシタセルには、図13に示したようなセル過電圧保護回路（電圧均等化回路）が接続されており、充電の際に各セルの電圧が揃えられる。

【0024】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は電気自動車又はハイブリッド電気自動車の主蓄電装置に、電気二重層キャパシタセルを直列接続したキャパシタ電池を複数のブロックに分割し、このブロックを双方向通電型スイッチで直列数を切替えるようにした電源システムにおいて、各電池ブロックのキャパシタセルを車載の補助蓄電装置からDC-DCコンバータを介してキャパシタセル電圧を常に均一に充電して使用するように構成したことで、次の効果が得られる。

【0025】（1）直列接続されたキャパシタセルが過電圧になることがないので、電池として安定に作動し、高い信頼性が得られる。

（2）電気自動車の主蓄電装置に電気二重層キャパシタ電池の適用を可能にしたことで電池が長寿命となり、実用的な電気自動車及びハイブリッド自動車を実現できる。

（3）DC-DCコンバータはキャパシタ電池ブロックから補助蓄電装置を充電するようにして主電池から補助蓄電装置の充電を兼用したことで、キャパシタ電池の全満充電電源には、走行に必要な機器の流用が可能となる。それにより、電源システムが低廉で実用的な電気自動車またはハイブリッド電気自動車を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す電源システムの構成図である。

【図2】図1の要部の詳細な説明図である。

【図3】本発明の第2実施形態を示す電源システムの構成図である。

【図4】図3の要部の詳細な説明図である。

【図5】従来の電源システムを示す図である。

【図6】図5の要部の詳細な説明図である。

【図7】従来の電源システムを示す図である。

【図8】従来の電源システムを示す図である。

【図9】図8の要部の詳細な説明図である。

【図10】図9における動作の説明図である。

【図11】電気二重層キャパシタの等価回路を示す図である。

【図12】電気二重層キャパシタの電圧変化を示す説明図である。

【図13】直列接続電気二重層キャパシタの動作を説明する図である。

20 【符号の説明】

1 エンジン

2 発電機

3 整流器

4 主蓄電装置（電気二重層キャパシタ電池）

4a、4b 電圧均等化回路

5 インバータ

6 車両駆動電動機

7 補助蓄電装置充電用DC-DCコンバータ

8 補助蓄電装置

30 9 補機

10～12 電気二重層キャパシタ電池ブロック

13 電気二重層キャパシタ電池ブロック接続切替え回路

14～16 キャパシタ電池ブロック充電用DC-DCコンバータ

17～19 双方向型DC-DCコンバータ

41～43、100、110、120 電気二重層キャパシタセル

44 チョップパ

40 70、71、140、170～173 半導体スイッチ

73～75、141～144 ダイオード

170a～173a、174、175 ダイオード

76、146、176 変圧器

77、147、177 電流平滑リアクトル

78、79、147、148、178、179 電圧平滑コンデンサ

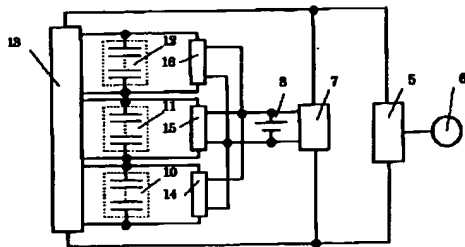
130～132 双方向通電型スイッチ

410a～412a キャパシタエレメント

410b～412b 内部抵抗

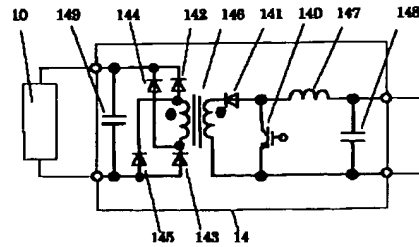
50 410c～412c 自己放電抵抗

【図1】

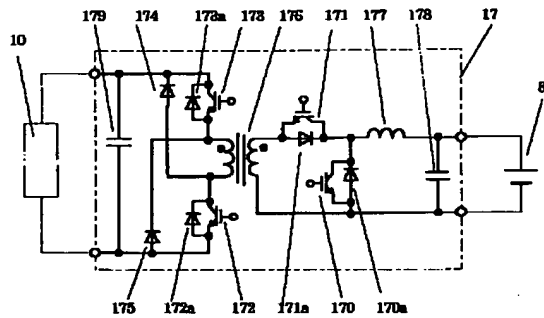


- 5: インバータ  
 6: 車両駆動電動機  
 7: 補助電池充電用DC-DCコンバータ  
 8: 補助蓄電装置  
 10, 11, 12: 電気二重層キャパシタ電池ブロック  
 13: 電気二重層キャパシタ電池ブロック接続切替回路  
 14, 15, 16: 電池ブロック充電用DC-DCコンバータ

【図2】

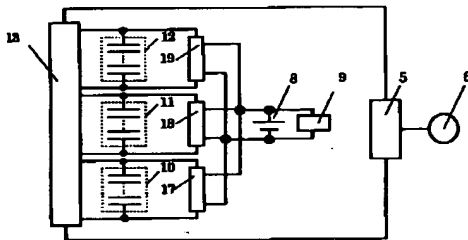


【図4】

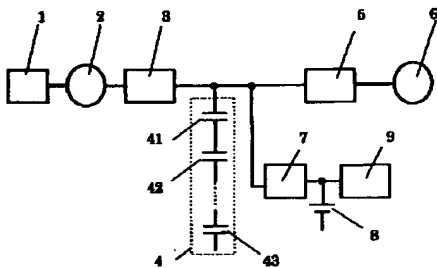


- 8: 補助蓄電装置  
 10: 電気二重層キャパシタ電池ブロック  
 17: 双方向型DC-DCコンバータ  
 170, 171, 172, 173: 半導体スイッチ  
 170a, 171a, 172a, 173a, 174, 175: ダイオード  
 176: 変圧器  
 177: 電流平滑リアクトル  
 178, 179: 電圧平滑コンデンサ

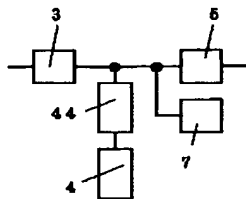
【図3】



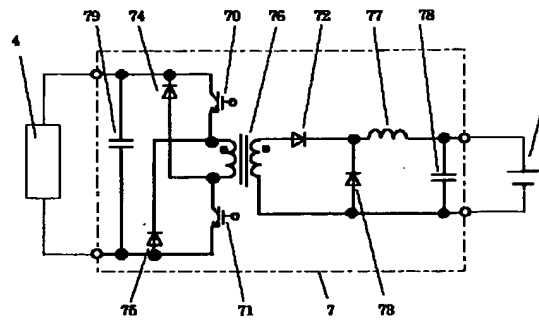
【図5】



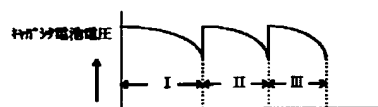
【図7】



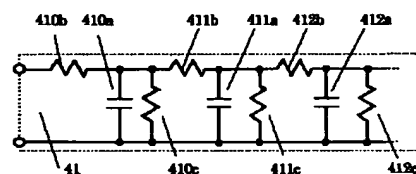
【図6】



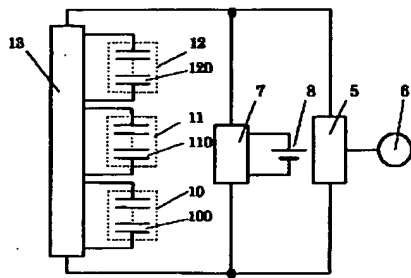
【図10】



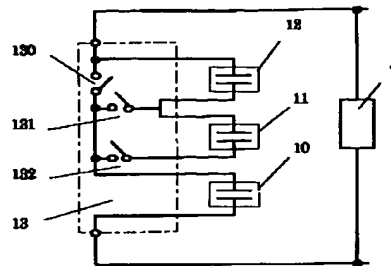
【図11】



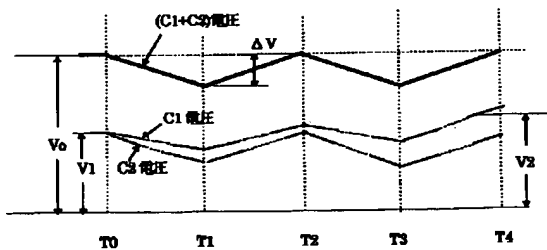
【図8】



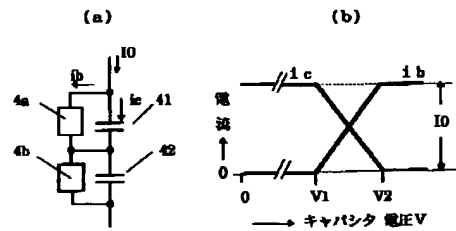
【図9】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

H02J 7/34

識別記号

F I

H01G 9/00

テーマコード(参考)

301Z

(72)発明者 渡邊 慶人

埼玉県上尾市大字一丁目1番地 日産ディーゼル工業株式会社内

(72)発明者 山田 淳

埼玉県上尾市大字一丁目1番地 日産ディーゼル工業株式会社内

Fターム(参考) 5G003 AA04 BA02 CA11 CC02 DA07

DA13 FA06 FA08 GB03

5G065 AA00 DA04 EA02 EA04 GA09

HA04 HA17 LA01 MA09 MA10

NA01

5H115 PG04 PI15 PI16 PI22 PI29

PO17 PU01 PU26 PV02 QE08

QE10 QI04 QN12 TU05